



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 100 49 843 A 1

⑮ Int. Cl.<sup>7</sup>:

H 01 Q 1/38

H 01 Q 1/24

H 01 Q 5/00

H 01 Q 9/04

⑯ Aktenzeichen: 100 49 843.4

⑯ Anmeldetag: 9. 10. 2000

⑯ Offenlegungstag: 11. 4. 2002

⑰ Anmelder:

Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
20099 Hamburg, DE

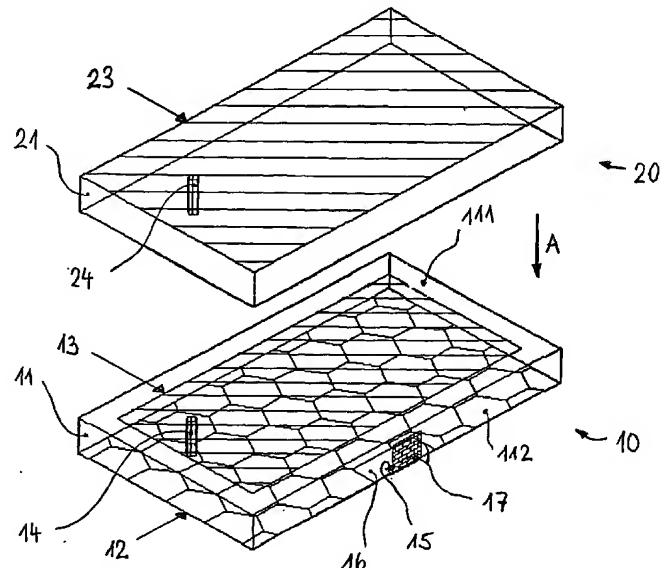
⑰ Erfinder:

Ghosh, Indra, Dr., 50823 Köln, DE; Porath, Rebekka,  
Dr., 52066 Aachen, DE

### Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Fleckenmusterantenne für den Mikrowellenbereich

⑯ Es wird eine Fleckenmusterantenne mit mindestens einem Fleckenmuster-Resonator (10, 20) für den Mikrowellenbereich beschrieben, die insbesondere zur Ausführung als Vielschicht-Antenne mit Kurzschlussleiter (14, 24) sowie zur SMD-Montage auf einer Schaltungsplatine geeignet ist. Die Antenne hat weiterhin auch bei Verwendung von Substraten (11, 21) mit gleicher Dielektrizitäts- bzw. Permeabilitätszahl eine zur Anwendung in der mobilen Telekommunikation ausreichende Bandbreite. Dies wird im wesentlichen dadurch erreicht, dass die Zuführung mindestens ein erstes Metallisierungsstück (17) umfasst, das sich an einer ersten Seitenfläche (112) des Resonators zwischen der Masse-Metallisierung (12) und dem metallischen Fleckenmuster (13) erstreckt, wobei die Eingangsimpedanz der Antenne durch Veränderung der Abmessungen dieses Metallisierungsstücks einstellbar ist. Eine besondere Ausführung der Antenne weist eine resonante Einkopplung mittels eines Leitungsresonators in Form eines Mikrostreifenleitungs-Resonators (10') oder eines Printed Wire Resonators (19, 29) auf, wodurch u. a. die Bandbreite der Antenne weiter erhöht werden kann und die auch zur Ausstattung mit einem Kurzschlussleiter sowie zur SMD-Montage geeignet ist.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Fleckenmusterantenne (Patchantenne), insbesondere für den Mikrowellenbereich, mit mindestens einem Fleckenmuster-Resonator mit einem metallischen Fleckenmuster und einer Masse-Metallisierung sowie einer Zuführung zur Einspeisung elektromagnetischer Energie.

[0002] In der mobilen Telekommunikation werden elektromagnetische Wellen im Mikrowellenbereich zur Übertragung von Informationen verwendet. Beispiele hierfür sind der GSM-Mobiltelefonstandard im Frequenzbereich von 890 bis 960 MHz (GSM900) sowie von 1710 bis 1880 MHz (GSM1800 oder DCS), weiterhin das UMTS-Band (1970 bis 2170 MHz), der DECT-Standard für Schnurlosetelefone im Frequenzbereich von 1880 bis 1900 MHz, sowie der neue Bluetooth-Standard im Frequenzbereich von 2400 bis 2480 MHz, der dazu dient, Daten zwischen zum Beispiel Mobiltelefonen und anderen elektronischen Geräten wie zum Beispiel Computern, anderen Mobiltelefonen, usw. auszutauschen.

[0003] Auf dem Markt ist ein starker Trend zur Miniaturisierung dieser Geräte zu erkennen. Daraus resultiert der Wunsch, die Komponenten für die mobile Kommunikation ebenfalls zu verkleinern. Die bei Mobiltelefonen zur Zeit verwendeten Antennentypen, bei denen es sich meistens um Drahtantennen handelt, haben diesbezüglich jedoch wesentliche Nachteile, da sie relativ groß sind. Sie ragen aus den Mobiltelefonen heraus, können leicht abbrechen, können in unerwünschten Augenkontakt mit dem Benutzer geraten und stehen auch einem ästhetischen Design im Wege. Zunehmend wird in der Öffentlichkeit auch eine unerwünschte Mikrowellenbestrahlung des Benutzers von Mobiltelefonen diskutiert. Bei Drahtantennen, die aus dem Mobiltelefon herausragen, kann ein Großteil der ausgesendeten Strahlungsleistung im Kopf des Benutzers absorbiert werden.

[0004] Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass sich bei der technischen Realisierung moderner digitalelektronischer Geräte die Oberflächenmontage (SMD – surface mounted device), das heißt das flache Auflöten elektronischer Bauelemente auf eine Platine (PCB – printed circuit board) mittels eines Wellenlötbades oder eines Reflowprozesses weitgehend durchgesetzt hat. Die bislang verwendeten Antennen entziehen sich jedoch dieser Montagetechnik, da sie häufig nur mittels spezieller Halterungen auf der Platinen des Mobiltelefons angebracht werden können und auch die Zufuhr elektromagnetischer Leistung nur über spezielle Zuführungshalterungen wie Stifte oder ähnliches möglich ist. Dies verursacht in der Produktion unerwünschte Montageschritte, Qualitätsprobleme und Mehrkosten.

[0005] Die heute in Mobiltelefonen verwendeten Antennen strahlen elektromagnetische Energie bei der Ausbildung einer elektromagnetischen Resonanz ab. Dies erfordert, dass die Länge der Antenne mindestens gleich einem Viertel der Wellenlänge der ausgesendeten Strahlung ist. Mit Luft als Dielektrikum ( $\epsilon_r = 1$ ) ergibt sich für eine Frequenz von 1 GHz demnach eine notwendige Antennenlänge von 75 mm.

[0006] Um die Größe der Antenne bei gegebener Wellenlänge der ausgesendeten Strahlung zu minimieren, kann man als Grundbaustein der Antenne ein Dielektrikum mit einer Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r > 1$  verwenden. Dies führt zu einer Verkleinerung der Wellenlänge der Strahlung im Dielektrikum um einen Faktor  $1/\sqrt{\epsilon_r}$ . Eine auf der Grundlage eines solchen Dielektrikums konzipierte Antenne wird daher in ihrer Größe ebenfalls um diesen Faktor kleiner werden.

[0007] Die sogenannte Fleckenmuster- oder Patchan-

tenne, wie sie zum Beispiel in der WO 98/13177 beschrieben ist, ist ein Antennentyp, bei dem sich die Miniaturisierung mittels der Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$  nutzen lässt. Sie besteht aus einem massiven Block dielektrischen Materials

5 mit  $\epsilon_r > 1$ . Die Höhe des Blocks ist dabei typischerweise um einen Faktor 3–10 kleiner als dessen Länge und Breite. Der Block ist auf einer Oberfläche ganz oder teilweise mit einem metallischen Fleckenmuster, auf der anderen Oberfläche mit einer Masse-Metallisierung versehen. Zwischen diesen 10 Elektroden bilden sich elektromagnetische Resonanzen aus, deren Frequenzen von den Dimensionen der Elektroden und dem Wert der Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$  des Blocks abhängen. Dabei sinken die Werte der einzelnen Resonanzfrequenzen mit zunehmenden lateralen Dimensionen der Antenne und – wie oben beschrieben – mit zunehmenden Werten der Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$ . Um einen hohen Miniaturisierungsgrad der Antenne zu erreichen, wird man daher  $\epsilon_r$  groß auslegen und aus dem Resonanzspektrum die Mode mit der niedrigsten Frequenz auswählen. Diese Mode wird 15 als Grundmode bezeichnet.

[0008] Ein weitergehender Miniaturisierungsschritt besteht im zusätzlichen Einfügen einer leitenden Verbindung (Kurzschlussleiter) in das Dielektrikum zwischen den beiden Elektroden. Bei gleicher Resonanzfrequenz kann die 20 Größe der Antenne dadurch üblicherweise um einen Faktor 4 verkleinert werden.

[0009] Ein Problem bei diesen Fleckenmusterantennen (mit oder ohne Kurzschlussleiter) besteht jedoch darin, dass die Bandbreiten bei im Frequenzbereich des GSM-Standards liegenden Resonanzfrequenzen nur wenige MHz betragen. Außerdem sinkt die Bandbreite mit wachsender Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  des dielektrischen Materials. Die für die GSM-Standards benötigte Bandbreite beträgt demgegenüber jedoch etwa 70 MHz. Herkömmliche Fleckenmusterantennen eignen sich daher nicht für solche breitbandigen Anwendungen.

[0010] Um auch mit Fleckenmusterantennen höhere Bandbreiten zu realisieren, können mehrere Fleckenmuster-Resonatoren mit oder ohne Kurzschlussleiter vertikal gestapelt werden. Diese Konfiguration wird als Vielschicht-Fleckenmusterantenne bezeichnet. Die Anzahl der Grundmoden der Vielschicht-Fleckenmusterantenne ist dabei gleich der Anzahl der konstituierenden Fleckenmuster-Resonatoren. Ist der Frequenzabstand zwischen den Grundmoden kleiner als deren Bandbreite, so kann dadurch die Gesamtbandbreite der Antenne erhöht werden.

[0011] Allerdings hat auch dieser Antennentyp zwei wesentliche Nachteile. Einerseits müssen Substratmaterialien mit leicht unterschiedlichen Werten der Dielektrizitätskonstanten (zum Beispiel  $\epsilon_{r1} = 2,2$  und  $\epsilon_{r2} = 1,07$ ) für die einzelnen Fleckenmuster-Resonatoren verwendet werden, um einen geeigneten Frequenzabstand der Resonanzen zu erreichen. Dies erhöht den Fertigungsaufwand.

[0012] Andererseits gelang es bei Vielschicht-Fleckenmusterantennen mit Kurzschlussleiter bisher nur über eine Koaxialleitung, die Antenne mit elektromagnetischer Leistung zu speisen und die Eingangsimpedanz der Antenne in begrenztem Maße so einzustellen, dass nur geringe Reflexionen an der Zuführungsstruktur auftreten. Diese Art der Zuführung steht jedoch einer SMD-Integration auf einer Schaltungsplatine (PCB) eines Mobiltelefons im Wege, da zur Zuführung der elektromagnetischen Leistung auf die Schaltungsplatine geeignete Stifte aufgebracht werden müssen, die von unten durch die Metallisierung zu führen sind, so dass die Antenne nicht zusammen mit den anderen Bauteilen durch Oberflächenmontage (SMD-Technik) auf die Platinen gelötet werden kann.

[0013] Eine der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe be-

steht deshalb darin, eine Fleckenmusterantenne der eingangs genannten Art zu schaffen, die auch mit Kurzschlussleiter zur Oberflächenmontage (SMD) auf einer Schaltungsplatine geeignet ist.

[0014] Der Erfundung liegt auch die Aufgabe zugrunde, eine Fleckenmusterantenne zu schaffen, die bei geringen Abmessungen eine für die genannten Anwendungen ausreichende Bandbreite auch ohne den Einsatz von Dielektrika mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten aufweist.

[0015] Weiterhin soll mit der Erfundung eine Fleckenmusterantenne geschaffen werden, bei der die Eingangsimpedanz so eingestellt werden kann, dass die der Antenne zugeführte Leistung nicht an der Antenne reflektiert, sondern im wesentlichen vollständig abgestrahlt wird, ohne dass die Antenne eine koaxiale Zuführung aufweisen muss.

[0016] Schließlich soll auch eine Fleckenmusterantenne geschaffen werden, die sich durch eine besonders große Bandbreite auszeichnet.

[0017] Zur Lösung dieser Aufgaben wird gemäß Anspruch 1 eine Fleckenmusterantenne der eingangs genannten Art geschaffen, die sich dadurch auszeichnet, dass die Zuführung mindestens ein erstes Metallisierungsstück umfasst, das sich an einer ersten Seitenfläche des Resonators zwischen der Masse-Metallisierung und dem metallischen Fleckenmuster erstreckt, wobei die Eingangsimpedanz der Antenne durch Veränderung der Abmessungen dieses Metallisierungsstücks einstellbar ist.

[0018] Ein besonderer Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass in einfacher Weise (zum Beispiel durch Lasertrimmung) eine optimale Abstimmung der Eingangsimpedanz an eine konkrete Einbausituation möglich ist, so dass keine Reflexionen an der Antenne auftreten und die zugeführte elektromagnetische Leistung im wesentlichen vollständig abgestrahlt wird. Zur Verkleinerung ihrer Abmessungen kann diese Antenne auch mit einem Kurzschlussleiter ausgestattet werden.

[0019] Eine weitere Lösung der genannten Aufgaben wird gemäß Anspruch 4 mit einer Fleckenmusterantenne der eingangs genannten Art erzielt, die sich durch einen Leitungsresonator auszeichnet, der durch eine auf mindestens ein Substrat aufgebrachte Leitung gebildet ist, und der zur resonanten Einkopplung der der Zuführung zugeführten elektromagnetischen Energie in den mindestens einen Fleckenmuster-Resonator dient.

[0020] Besondere Vorteile dieser Lösung besteht darin, dass durch diesen resonanten Einkopplungsmechanismus das Ausbilden der Fleckenmusterresonanzen nicht beeinträchtigt wird und die Bandbreite der Antenne durch Hinzufügen einer weiteren Resonanz in wesentlichem Maße weiter erhöht werden kann. Außerdem ist auch diese Antenne zur SMD-Montage und zur Ausstattung mit einem Kurzschlussleiter geeignet.

[0021] Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfundung zum Inhalt.

[0022] Mit der Ausführung gemäß Anspruch 2 ist eine besonders einfache Oberflächenmontage der Antenne in SMD-Technik möglich, da das zweite Metallisierungsstück zusammen mit der Masse-Metallisierung direkt auf eine Schaltungsplatine aufgelötet werden kann.

[0023] Die Ausführung gemäß Anspruch 3 hat insbesondere den Vorteil, dass durch die zwei Resonatoren die Bandbreite weiter erhöht wird, auch wenn Substrate mit gleicher Dielektrizitäts- bzw. Permeabilitätszahl verwendet werden, und dass sie auch zur Ausstattung mit einem Kurzschlussleiter geeignet ist.

[0024] Die Ausführung gemäß Anspruch 5 hat insbesondere den Vorteil, dass die Kopplungsstärke zwischen dem Leitungsresonator und dem Fleckenmuster-Resonator über

eine Bemessung des Endabschnitts eingestellt werden kann. Ein weiterer Vorteil dieser Ausführung, ebenso wie derjenigen gemäß Anspruch 7, besteht darin, dass die Frequenz der resonanten Einkopplung durch entsprechende Bemessung der Länge der genannten Leitungen eingestellt werden kann.

[0025] Die Ausführung gemäß Anspruch 6 ermöglicht eine Anpassung der Kopplungsstärke zwischen der Zuführung und dem Leitungsresonator.

[0026] Mit der Ausführung gemäß Anspruch 8 kann die Bandbreite der Antenne weiter erhöht werden, während sich mit den Ausführungen gemäß den Ansprüchen 9 und 10 im wesentlichen der Miniaturisierungsgrad der Antenne weiter gesteigert werden kann.

[0027] Die erfundungsgemäße Antenne ist schließlich besonders vorteilhaft auf einer gedruckten Schaltungsplatine gemäß Anspruch 11 bzw. in einem mobilen Telekommunikationsgerät gemäß Anspruch 12 einsetzbar.

[0028] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfundung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen anhand der Zeichnung. Es zeigt:

[0029] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Antenne;

[0030] Fig. 2 ein Reflexionsdiagramm für diese Antenne;

[0031] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Antenne;

[0032] Fig. 4 ein Reflexionsdiagramm für diese Antenne, und

[0033] Fig. 5 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Antenne.

[0034] Die in den Fig. 1, 3 und 5 gezeigten Fleckenmusterantennen setzen sich aus mehreren Schichten zusammen, die jeweils in senkrechter Richtung auseinandergezogen dargestellt sind und in zusammengefügtem Zustand eine

Fleckenmusterantenne mit zwei einzelnen Fleckenmuster-Resonatoren bilden. Jede Schicht ist dabei jeweils durch ein keramisches Substrat in Form eines im wesentlichen quaderförmigen Blocks gebildet, dessen Höhe im allgemeinen um einen Faktor 3 bis 10 kleiner ist, als dessen Länge oder Breite. Davon ausgehend sollen in der folgenden Beschreibung die in den Darstellungen der Figuren oberen und unteren Flächen der Substrate als obere bzw. untere Stirnfläche und die demgegenüber kleineren vertikalen Flächen als Seitenflächen bezeichnet werden.

[0035] Alternativ dazu ist es allerdings auch möglich, anstelle eines quaderförmigen Substrates andere geometrische Formen wie zum Beispiel eine Zylinderform zu wählen, auf die eine entsprechende resonante Leiterbahnstruktur mit zum Beispiel spiralförmigem Verlauf aufgebracht ist.

[0036] Die Substrate können zum Beispiel durch Einbetten eines keramischen Pulvers in eine Polymermatrix hergestellt werden und haben eine Dielektrizitätszahl von  $\epsilon_r > 1$  und/oder eine Permeabilitätszahl von  $\mu_r > 1$ .

[0037] Die in Fig. 1 gezeigte erste Ausführungsform der Antenne umfasst zwei Schichten, die in zusammengefügtem Zustand jeweils einen unteren ersten und einen oberen zweiten Fleckenmuster-Resonator 10 bzw. 20 bilden. Der erste Resonator 10 umfasst ein erstes Substrat 11, auf dessen untere Stirnfläche eine Masse-Metallisierung 12 aufgebracht

ist. Die obere Stirnfläche des ersten Substrates 11 trägt ein erstes metallisches Fleckenmuster 13, das sich über den größten Teil der obere Stirnfläche erstreckt, wobei nur Randbereiche 111 dieser obere Stirnfläche frei bleiben. Zwischen der Masse-Metallisierung 12 und dem ersten Fleckenmuster 13 erstreckt sich ein erster Abschnitt 14 eines Kurzschlussleiters.

[0038] Auf etwa halber Länge einer ersten Seitenfläche 112 des ersten Substrates 11 befindet sich eine Zuführung

**15, 17**, die durch ein erstes Metallisierungsstück an dieser Seitenfläche in Form eines sich in Richtung auf die obere Stirnfläche des Substrates erstreckenden Streifenleiters **17** sowie ein zweites Metallisierungsstück **15** gebildet ist, das an der unteren Stirnfläche in einem Bereich **16** liegt, in dem die Masse-Metallisierung **12** ausgespart ist. Die Zuführung ist dadurch gegenüber der Masse-Metallisierung **12** isoliert. [0039] Der zweite Fleckenmuster-Resonator **20** ist durch ein zweites Substrat **21** gebildet, auf dessen obere Stirnfläche ein zweites metallisches Fleckenmuster **23** aufgebracht ist, das sich über die gesamte obere Stirnfläche erstreckt. Weiterhin befindet sich in dem zweiten Substrat **21** ein zweiter Abschnitt **24** des Kurzschlussleiters. Wenn die Antenne durch Zusammenfügen der beiden Resonatoren in Richtung des Pfeils A zusammengebaut ist, setzt der zweite Abschnitt **24** den ersten Abschnitt **14** fort, so dass der Kurzschlussleiter entsteht.

[0040] Ein wesentlicher Kern dieser ersten Ausführungsform der Antenne beruht auf der überraschenden Erkenntnis, dass entgegen der bisher vorherrschenden Ansicht auch mit einer nicht-koaxialen Zuführung **15, 17** der beschriebenen Art eine Einkopplung elektromagnetischer Energie in eine Fleckenmusterantenne möglich ist, und zwar auch dann, wenn diese mit einem Kurzschlussleiter versehen ist, mit dem die Abmessungen der Antenne weiter verkleinert werden können.

[0041] Weiterhin hat sich gezeigt, dass sich die Eingangs-impedanz der Antenne durch geeignete Wahl der Höhe und Breite des Streifenleiters **17** einstellen lässt, so dass eine Optimierung im Hinblick auf geringe Reflexionen an der Antenne vorgenommen werden kann und dadurch der weit-aus überwiegende Anteil der der Antenne zugeführten elektromagnetischen Leistung abgestrahlt wird.

[0042] Die Zuführung bzw. der Streifenleiter **17** können jeweils auch aus mehreren metallischen Stücken mit variabler Breite bestehen.

[0043] Da sich das zweite Metallisierungsstück **15** der Zuführung an der unteren Stirnfläche des ersten Substrates **11** befindet, und keine Stifte oder ähnliches wie bei einer durch einen Koaxialleiter gebildeten Zuführung erforderlich sind, kann die Antenne zusammen mit anderen Bauelementen in üblicher Weise durch Oberflächenmontage (SMD) auf einer Schaltungsplatine montiert werden. Weiterhin kann auf diese Weise auch die Masse-Metallisierung **12** mit einem entsprechenden Masseanschluss auf der Platine verlötet werden.

[0044] Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass für das erste und zweite Substrat **11, 21** das gleiche Material verwendet werden kann, das nicht, wie bei bisherigen Fleckenmusterantennen mit Kurzschlussleiter, unterschiedliche Dielektrizitätszahlen aufweisen muss, um eine ausreichende Bandbreite der Antenne zu erzielen.

[0045] Erfundengemäß wird die für die oben genannten Anwendungen erforderliche Frequenz-Bandbreite unter anderem dadurch erzielt, dass die Antenne aus (mindestens) zwei Schichten, d. h. zwei Fleckenmuster-Resonatoren **10, 20** zusammengesetzt wird, deren Einzelresonanzen in einer Betriebsmode sich durch die unterschiedliche Größe des ersten und zweiten Fleckenmusters **13, 23** etwas voneinander unterscheiden.

[0046] Alternativ dazu können die Fleckenmuster auch identisch sein. In diesem Fall wird durch die Kopplung der beiden Resonatoren eine Aufspaltung der nominell identischen Resonanzfrequenzen und damit eine Erhöhung der Frequenz-Bandbreite erzielt.

[0047] Bei einer bevorzugten Realisierung dieser Antenne betragen die Abmessungen der Substrate **11, 21** jeweils etwa  $19,4 \times 10,9 \times 2,0 \text{ mm}^3$ . Die dielektrischen Eigenschaften des

für die Substrate verwendeten Materials sind etwa wie folgt:  $\epsilon_r = 18,55$ ,  $\tan\delta = 1,17 \times 10^{-4}$ . Dies entspricht den Hochfrequenzeigenschaften einer kommerziellen NPO-K17-Keramik ( $\text{Ca}_{0,05}\text{Mg}_{0,95}\text{TiO}_3$ -Keramik). Die Leitfähigkeit der Metallisierungen (Silberpaste) beträgt etwa  $\sigma = 3,0 \times 10^7 \text{ S/m}$ . Das untere erste Fleckenmuster **13** hat Abmessungen von etwa  $17,0 \times 8,5 \text{ mm}$ , während das obere zweite Fleckenmuster **23** die Oberfläche des zweiten Substrats **21** im wesentlichen vollständig abdeckt. Die Masse-Metallisierung **12** deckt abgesehen von der Aussparung **16** für das zweite Metallisierungsstück **15** die untere Stirnfläche des ersten Substrats **11** im wesentlichen vollständig ab. Der seitliche Streifenleiter **17** ist etwa 1,8 mm breit und etwa 2,0 mm hoch. Er setzt sich auf der unteren Stirnfläche des ersten Substrates **11** in Form des zweiten Metallisierungsstücks **15** mit einer Länge von etwa 0,5 mm fort. Der Kurzschlussleiter **14, 24** hat einen Durchmesser von etwa 0,5 mm, einen Abstand in beiden lateralen Richtungen von beiden Ecken der Substrate **11, 21** von jeweils etwa 3,5 mm und verläuft in den beiden Substraten zwischen den Metallisierungen.

[0048] Fig. 2 zeigt für diese Antenne ein Reflexionsdiagramm, d. h. das Verhältnis  $R$  [dB] zwischen der an der Antenne reflektierten Leistung zu der der Antenne zugeführten Leistung über der Frequenz  $F$  [GHz]. Es sind deutlich die Einzelresonanzen der beiden Schichten (Fleckenmuster-Resonatoren) zu erkennen, die zu einer Verbreiterung der Gesamt-Bandbreite der Fleckenmusterantenne beitragen.

[0049] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform einer erfundengemäßen Antenne, die sich aus einem Mikrostreifenleitungs-Resonator **10'** sowie darüber jeweils einem ersten bzw. zweiten Fleckenmuster-Resonator **20** bzw. **30** zusammensetzt.

[0050] Der Mikrostreifenleitungs-Resonator **10'** umfasst ein erstes Substrat **11'**, das an seiner in der Darstellung oberen Stirnfläche mit einer Masse-Metallisierung **12'** beschichtet ist. Auf die untere Stirnfläche dieser ersten Schicht ist eine mäanderförmig verlaufende Mikrostreifenleitung **18'** aufgebracht, die an einer Zuführung **15'** beginnt und an einer Seitenfläche des Substrates **11'** nach oben geführt wird. Ein Kurzschluss zwischen der Masse-Metallisierung **12'** und dem Mikrostreifenleiter **18'** beim Hochführen muss dabei verhindert werden. Dies kann zum Beispiel durch entsprechendes Verkürzen der Masse-Metallisierung **12'** an der betreffenden Seitenfläche des ersten Substrates **11'** erreicht werden.

[0051] Die Zuführung **15'** greift U-förmig um den Anfang der Mikrostreifenleitung **18'**, wobei sich zwischen beiden ein Spalt bzw. eine Lücke befindet, mit deren Größe die Kopplungsstärke zwischen beiden eingestellt wird. Die Resonanzfrequenz dieses Mikrostreifenleitungsresonators **10'** wird wie üblich im wesentlichen durch die Länge der Mikrostreifenleitung **18'** bestimmt. In der ersten Schicht kann sich auch ein erster Abschnitt **14'** eines Kurzschlussleiters befinden.

[0052] Der erste Fleckenmuster-Resonator **20** ist durch ein zweites Substrat **21** gebildet, das an seiner obere Stirnfläche ein erstes metallisches Fleckenmuster **23** trägt, wobei ein umlaufender Randbereich **211** der oberen Stirnfläche frei bleibt. An einer Seitenfläche **213** des Substrates **21** befindet sich ein Endabschnitt **28**, der in zusammengefügtem Zustand der Antenne die Mikrostreifenleitung **18'** fortsetzt und abschließt. Über die Abmessungen dieses Endabschnitts kann die Stärke der Ankopplung an den ersten Fleckenmuster-Resonator **20** bestimmt werden. In dem ersten Fleckenmuster-Resonator **20** befindet sich weiterhin ein zweiter Abschnitt **24** des Kurzschlussleiters.

[0053] Der zweite Fleckenmuster-Resonator **30** ist durch ein drittes Substrat **31** gebildet, das an seiner oberen Stirn-

fläche ein zweites metallisches Fleckenmuster **33** trägt, wobei wiederum ein umlaufender Randbereich **311** der oberen Stirnfläche frei bleibt. Durch den zweiten Fleckenmuster-Resonator **20** verläuft schließlich ein dritter Abschnitt **34** des Kurzschlussleiters. Das erste und zweite metallische Fleckenmuster **23**, **33** können ebenso wie bei der ersten Ausführungsform auch unterschiedliche Ausdehnungen auf den Substraten **21** bzw. **31** aufweisen.

[0054] Fügt man diese drei Schichten gemäß den Pfeilen A zusammen, so ergibt sich eine Mehrschicht-Fleckenmusterantenne mit resonanter Einkopplung der elektromagnetischen Energie, die im Vergleich zu einer Mehrschicht-Fleckenmusterantenne ohne resonante Einkopplung zu einer weitergehenden Vergrößerung der Bandbreite führt.

[0055] Dieser Konfiguration liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass die Resonanzfrequenzen der Grundmoden der einzelnen Fleckenmuster-Resonatoren durch eine resonante Einkopplung mit einem Mikrostreifenleitungs-Resonator **10'** der beschriebenen Art nur unwesentlich gestört werden. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn ein Kurzschlussleiter **14'**, **24**, **34** eingesetzt wird. Die Masse-Metallisierung **12'** stellt gleichzeitig die Masse des ersten Fleckenmuster-Resonators **20** und des Mikrostreifenleitungs-Resonators **10'** dar. Durch die Erzeugung der einzelnen Fleckenmusterresonanzen erhöht sich außerdem die Bandbreite einer entsprechenden Vielschicht-Fleckenmusterantenne.

[0056] Die elektromagnetische Ankopplung der Fleckenmuster-Resonatoren **10**, **20** an den Mikrostreifenleitung-Resonator **10'** erfolgt über die an einer Seitenfläche **213** des zweiten Substrates **21** hochgeführte Mikrostreifenleitung **18'**, **28**, wobei die Stärke der Ankopplung und die Bandbreite der Antenne über die Höhe und Breite insbesondere des Endabschnitts **28** an dem ersten Fleckenmuster-Resonator **20** bestimmt bzw. verändert werden kann.

[0057] Die Resonanzfrequenz des Mikrostreifenleitung-Resonators **10'** kann in bekannter Weise über die Länge der Mikrostreifenleitung **18'**, **28** eingestellt werden.

[0058] Schließlich kann auch die Kopplung zwischen der Zuführung **15'** und der Mikrostreifenleitung **18'**, **28** durch entsprechende Wahl der Spaltbreite zwischen beiden eingestellt werden.

[0059] Auch diese zweite Ausführungsform hat den Vorteil, dass sie zusammen mit anderen Bauelementen durch Oberflächenmontage (SMD-Technik) auf eine Schaltungsplatinne (PCB) aufgebracht werden kann. Die Zuführung **15'** wird dabei auf einen entsprechenden Streifenleiter der Platine gelötet, über den die abzustrahlende elektromagnetische Energie zugeführt wird. Die Masse-Metallisierung **12'** kann über eine Metallisierungszuführung (nicht dargestellt) an dem ersten Substrat **11'** mit einem Masseanschluss der Platine verlötet werden.

[0060] Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass im Gegensatz zu resonanten Einkopplungen mit bekannten Schlitzresonatoren die Geometrien der Masse-Metallisierungen **23**, **33** der Fleckenmuster-Resonatoren **20**, **30** im wesentlichen unverändert bleiben können. Dies bedeutet eine wesentliche Erleichterung beim Entwurf von Vielschicht-Fleckenmusterantennen und insbesondere solchen mit Kurzschlussleiter.

[0061] Bei einer Realisierung dieser Antenne wurden bevorzugt folgende Werte gewählt:

[0062] Die Abmessungen des zweiten und dritten Substrates **21**, **31** betragen jeweils etwa  $19,0 \times 10,5 \times 2,0 \text{ mm}^3$ . Die Abmessungen des ersten Substrates **11** betragen etwa  $19,0 \times 10,5 \times 1,0 \text{ mm}^3$ . Die dielektrischen Eigenschaften sind etwa wie folgt gewählt:  $\epsilon_r = 18,55$ ,  $\tan\delta = 1,17 \times 10^{-4}$ . Dies entspricht den Hochfrequenzeigenschaften einer kommerziel-

len NP0-K17-Keramik ( $\text{Ca}_{0,05}\text{Mg}_{0,95}\text{TiO}_3$ -Keramik). Die Leitfähigkeit der Metallisierungen wurde zu etwa  $s = 3,0 \times 10^7 \text{ S/m}$  (Silberpaste) bestimmt. Die beiden Fleckenmuster **13**, **23** haben Abmessungen von etwa  $17,0 \times 8,5 \text{ mm}^2$ . Der

**5** Kurzschlussleiter hat einen Durchmesser von etwa 0,5 mm und einen Abstand von jeweils etwa 2,4 mm in beiden lateralen Richtungen von jeweils einer Ecke der Fleckenmuster und verläuft durch die drei Schichten **10**, **20**, **30**.

[0063] Die Masse-Metallisierung **12** hat eine Länge von

**10** etwa 18,5 mm und eine Breite von etwa 10,5 mm. Der Mikrostreifenleitungs-Resonator (Streifenleiterbreite etwa 0,36 mm) verläuft unter der Masse-Metallisierung **12'** mäanderförmig auf einem NPO-K17-Substrat mit einer Höhe von etwa 1,0 mm. Das vertikale Ende dieses Resonators hat

**15** zunächst auf einer Länge von etwa 1,0 mm eine Breite von etwa 0,36 mm und dann auf einer Länge von etwa 1,8 mm eine Breite von etwa 1,4 mm. Die Gesamtlänge der Mikrostreifenleitung beträgt somit etwa 42,93 mm.

[0064] Der Abstand zwischen dem Anfang der Mikrostreifenleitung **18'** und der Zuführung **15'**, die sich U-förmig um diesen legt, beträgt auf allen Seiten etwa 0,18 mm.

[0065] Fig. 4 zeigt ein Diagramm des Verlaufes der Reflexionseigenschaften, das heißt des Verhältnisses R [dB] zwischen der an der Antennenstruktur reflektierten Leistung zu der der Antenne zugeführten Leistung, über der Frequenz F [GHz]. Es sind deutlich drei Resonanzen zu erkennen, die zur Verbreiterung der Gesamt-Bandbreite der Antenne beitragen. Die mittlere Resonanz wird dabei von dem Mikrostreifenleitungs-Resonator, die beiden anderen Resonanzen von den Fleckenmuster-Resonatoren verursacht.

[0066] Fig. 5 zeigt eine dritte Ausführungsform einer erfundungsgemäßen Antenne, die sich von der zweiten Ausführungsform im wesentlichen dadurch unterscheidet, dass die resonante Einkopplung der elektromagnetischen Energie

**35** nicht durch einen Mikrostreifenleitungs-Resonator **10'**, sondern mit einem durch eine sogenannte Printed Wire-Antenne gebildeten Leitungsresonator ("Printed Wire-Resonator") **19**, **29** vorgenommen wird, bei dem es sich vom Typ her um eine Drahtantennen-Resonator handelt, der durch ein **40** Substrat der eingangs genannten Art mit einer aufgedruckten Leiterbahn **192**, **292** gebildet ist.

[0067] Die Leiterbahn **192**, **292** wird elektrisch mit dem Signalleiter einer Zuführung **15** verbunden und kann bei Erreichen einer elektromagnetischen Resonanz Energie in **45** Form von Wellen abstrahlen. Die Werte der Resonanzfrequenzen sind in bekannter Weise von den Dimensionen der aufgedruckten Leiterbahn und der Dielektrizitäts- bzw. Permeabilitätszahl des Substrates abhängig.

[0068] Ein erster Fleckenmuster-Resonator **10** ist durch **50** ein erstes Substrat **11** gebildet, auf dessen unterer Stirnfläche eine Masse-Metallisierung **12** aufgebracht ist. Auf einem Teil der oberen Stirnfläche des ersten Substrates **11** befindet sich ein in Längsrichtung des Substrates **11** erstreckendes erstes metallisches Fleckenmuster **13**. Parallel dazu ist entlang einer Seitenfläche des ersten Substrates **11** ein erster Teil **19** des Resonators angeordnet, der durch einen ersten Randbereich **191** des ersten Substrates **11** mit einem darauf aufgedruckten ersten Leiterbahnabschnitt **192** gebildet ist.

Der Leiterbahnabschnitt ist mit einer Zuführung **15** an der **55** unteren Stirnfläche des Substrates **11** verbunden, die bei der Oberflächenmontage der Antenne mit einer entsprechenden Zuführungsleitung für elektromagnetische Energie verlötet wird. Darüber hinaus ist entlang einer anderen Seitenfläche des Substrates **11** ein erster Abschnitt **14** eines planaren Kurzschlussleiters angeordnet.

[0069] Ein zweiter Fleckenmuster-Resonator **20** ist durch **60** ein zweites Substrat **21** gebildet, auf dessen oberer Stirnfläche ein zweites metallisches Fleckenmuster **23** aufgebracht

ist. Entlang einer Seitenfläche des zweiten Substrates **21** ist korrespondierend mit dem ersten Teil **19** des Resonators ein zweiter Resonatorteil **29** angeordnet, der durch einen zweiten Randbereich **291** des zweiten Substrates **21** mit einem darauf aufgedruckten zweiten Leiterbahnabschnitt **292** gebildet ist. Schließlich ist entlang einer anderen Seitenfläche des zweiten Substrates **21** ein zweiter Abschnitt **24** des planaren Kurzschlussleiters angeordnet, der den ersten Abschnitt **14** in zusammengebautem Zustand der Antenne fortsetzt und damit den Kurzschlussleiter bildet.

[0070] Wenn die beiden Schichten gemäß Pfeil A zusammengesetzt werden, ergänzen sich weiterhin die beiden Leiterbahnabschnitte **192**, **292** zu einer gemeinsamen Leiterbahn, die im wesentlichen mäanderförmig entlang der Seiten- und eines Teils der Stirnfläche der Substrate verläuft und bei Einspeisung elektromagnetische Energie zu einer Resonanz angeregt wird. Zusammen mit den dadurch angeregten Resonanzen der Fleckenmuster-Resonatoren **10**, **20**, die sich auch auf Grund der unterschiedlichen Flächen der metallischen Fleckenmuster **13**, **23** etwas voneinander unterscheiden, wird eine relativ große Bandbreite der Fleckenmusterantenne ähnlich der Darstellung in **Fig. 4** erzielt. Die elektromagnetische Ankopplung an die Fleckenmuster-Resonatoren **20**, **30** erfolgt wiederum über die Streufelder des Printed Wire-Resonators **19**, **29**.

[0071] Diese dritte Ausführungsform weist darüber hinaus im wesentlichen die gleichen Vorteile auf, wie sie im Zusammenhang mit der zweiten Ausführungsform beschrieben wurden.

[0072] Die Anpassung der beschriebenen Fleckenmusterantennen an eine konkrete Einbausituation im Hinblick auf ihre Resonanzfrequenzen sowie ihre Eingangsimpedanz kann durch Veränderung der metallischen Fleckenmuster, der zur Einkopplung dienenden metallischen Strukturen bzw. des Spaltes zwischen der Zuführung und der Mikrostreifenleitung mit Hilfe eines Laserstrahls (Lasertrimmung) vorgenommen werden.

[0073] Die erfindungsgemäßen Fleckenmusterantennen sind (neben dem DECT- und Bluetooth-Band) insbesondere zur Anwendung in Mobiltelefonen geeignet, da sie geringe Abmessungen mit einer für die GSM- und UMTS-Bänder ausreichenden Bandbreite verbinden und gleichzeitig mit den anderen elektronischen Bauelementen durch Oberflächenmontage (SMD-Technik) auf eine gedruckte Schaltungsplatine aufgebracht werden können.

#### Patentansprüche

1. Fleckenmusterantenne mit mindestens einem Fleckenmuster-Resonator mit einem metallischen Fleckenmuster und einer Masse-Metallisierung sowie einer Zuführung zur Einspeisung elektromagnetischer Energie, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung mindestens ein erstes Metallisierungsstück **(17)** umfasst, das sich an einer ersten Seitenfläche **(112)** des Resonators zwischen der Masse-Metallisierung **(12)** und dem metallischen Fleckenmuster **(13)** erstreckt, wobei die Eingangsimpedanz der Antenne durch Veränderung der Abmessungen dieses Metallisierungsstücks einstellbar ist.
2. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführung ein zweites Metallisierungsstück **(15)** aufweist, das isoliert in die Masse-Metallisierung **(12)** eingelassen ist und sich mit dem ersten Metallisierungsstück in Form eines Streifenleiters **(17)** fortsetzt.
3. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Fleckenmuster-Resona-

tor **(10)** ein erstes Substrat **(11)** mit der Masse-Metallisierung **(12)** an einer ersten Stirnfläche und mit dem ersten metallischen Fleckenmuster **(13)** an einer gegenüberliegenden zweiten Stirnfläche umfasst, wobei ein zweiter Fleckenmuster-Resonator **(20)** mit einem zweiten Substrat **(21)** vorgesehen ist, das an einer ersten Stirnfläche ein zweites metallisches Fleckenmuster **(23)** trägt und das mit seiner gegenüberliegenden zweiten Stirnfläche an dem ersten metallischen Fleckenmuster **(13)** angeordnet ist.

4. Fleckenmusterantenne mit mindestens einem Fleckenmuster-Resonator sowie einer Zuführung zur Einspeisung elektromagnetischer Energie, gekennzeichnet durch einen Leitungsresonator **(10'; 19, 29)**, der durch eine auf mindestens ein Substrat **(11'; 11, 21)** aufgebrachte Leitung **(18'; 192, 292)** gebildet ist, zur resonanten Einkopplung der der Zuführung **(15)** zugeführten elektromagnetischen Energie in den mindestens einen Fleckenmuster-Resonator **(10, 20)**.

5. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Leitungsresonator ein Mikrostreifenleitungs-Resonator **(10')** ist, der durch ein erstes Substrat **(11')** mit einer Mikrostreifenleitung **(18')** an einer Stirnfläche und einer Masse-Metallisierung **(12')** an einer gegenüberliegenden Stirnfläche gebildet ist, wobei an der Masse-Metallisierung **(12')** mindestens ein erster Fleckenmuster-Resonator **(20)** angeordnet ist und ein Endabschnitt **(28)** der Mikrostreifenleitung zur Einkopplung der elektromagnetischen Energie an einer Seitenfläche **(213)** des ersten Fleckenmuster-Resonators **(20)** liegt.

6. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Zuführung **(15)** und dem Anfang der Mikrostreifenleitung **(18')** ein Spalt bzw. eine Lücke befindet, mit deren Größe die Kopplungsstärke zwischen beiden einstellbar ist.

7. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Leitungsresonator ein Printed Wire-Resonator **(19, 29)** ist, der durch eine mäanderförmig entlang eines Randbereiches **(191, 291)** des mindestens einen Substrates **(11, 21)** verlaufende Leiterbahn **(192, 292)** gebildet ist.

8. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die metallischen Fleckenmuster **(13)** mehrerer Fleckenmuster-Resonatoren **(10, 20, 30)** zur Erzeugung unterschiedlicher Resonanzfrequenzen unterschiedliche Ausdehnungen aufweisen.

9. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 1 oder 4, gekennzeichnet durch einen Kurzschlussleiter **(14'; 14, 24, 34)**, der sich durch die Fleckenmusterantenne erstreckt.

10. Fleckenmusterantenne nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kurzschlussleiter **(14, 24)** durch einen Streifenleiter an einer Seitenfläche der Fleckenmusterantenne gebildet ist.

11. Gedruckte Schaltungsplatine, insbesondere zur Oberflächenmontage von elektronischen Bauelementen, gekennzeichnet durch eine Fleckenmusterantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

12. Mobiles Telekommunikationsgerät, insbesondere für Dual- oder Multibandbetrieb, gekennzeichnet durch eine Fleckenmusterantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

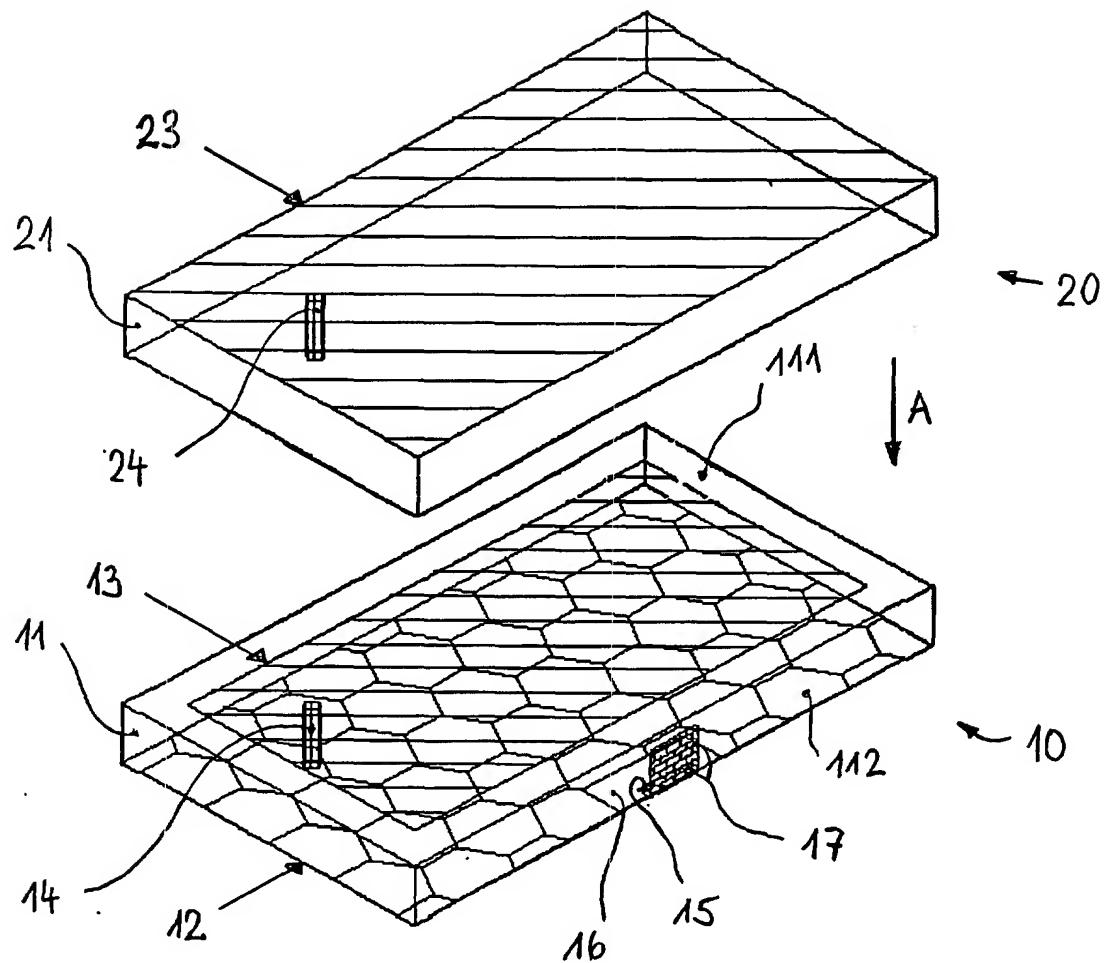


FIG. 1

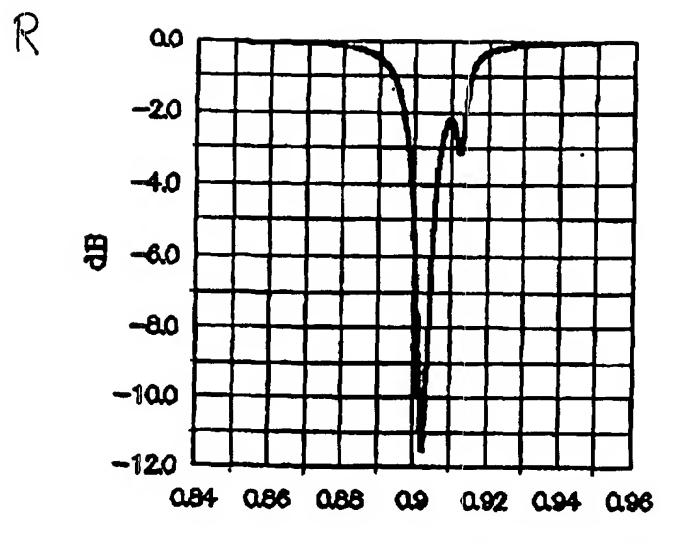


FIG. 2

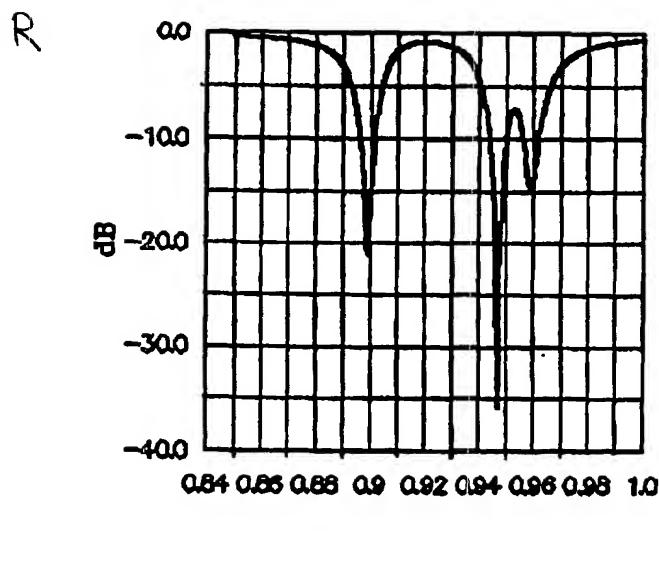


FIG. 4

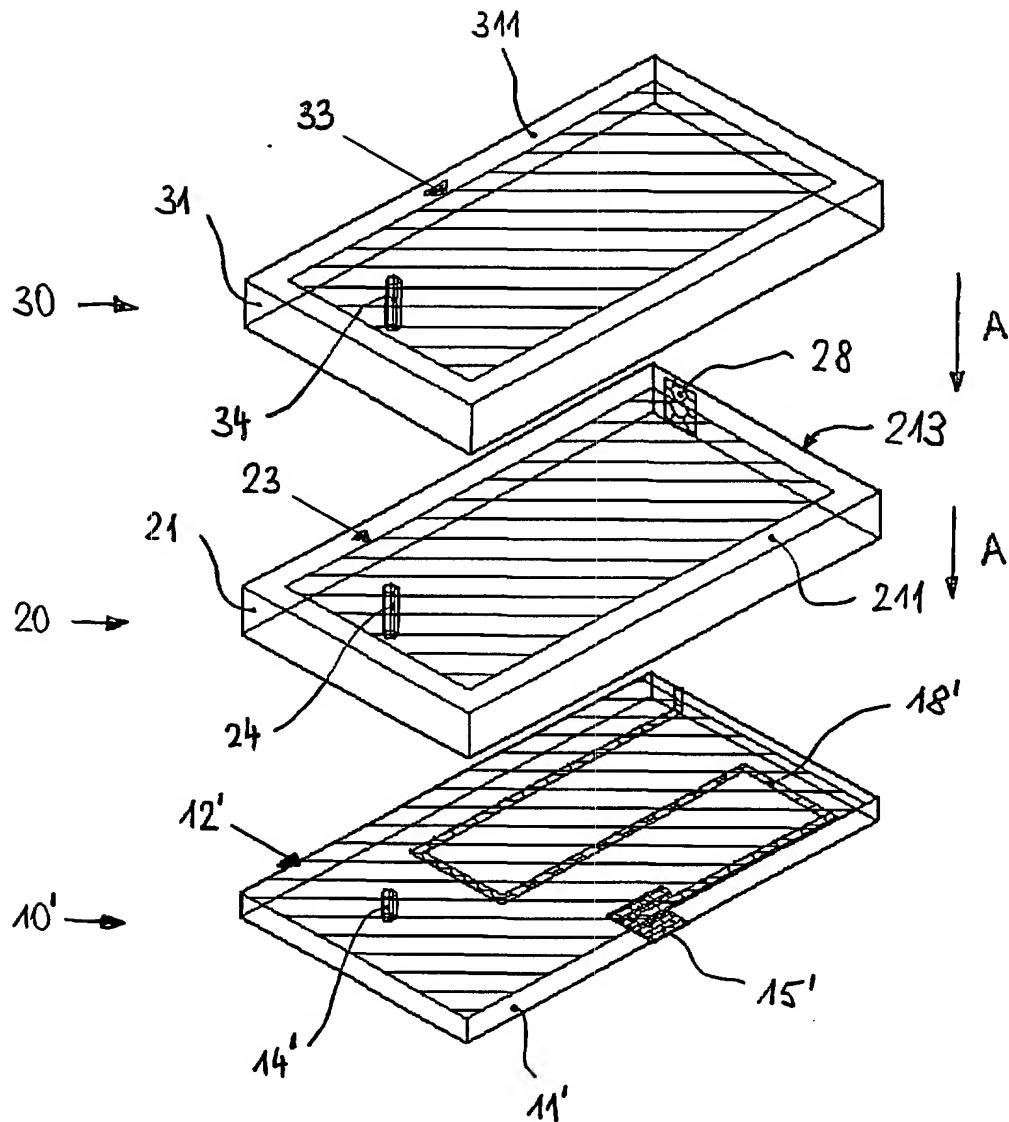


FIG. 3

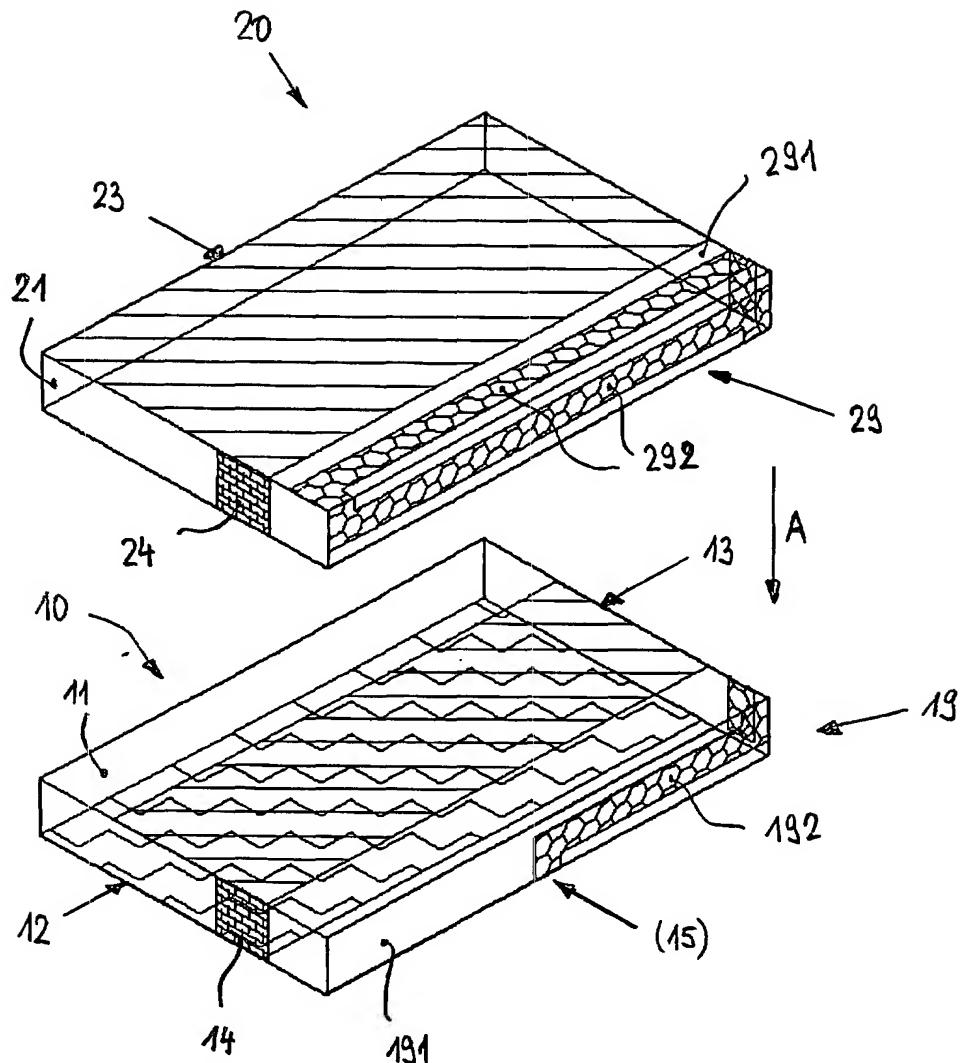


FIG. 5